結晶シリコン太陽電池モジュールの世界発電量予測手法の開発

Development of a global energy yield prediction method for crystalline silicon solar cell modules

岐阜大学¹, Panasonic 株式会社²

○小林 倫也 1, 片山 博貴 2, 加藤 義経 1, 西垣 之徳 1, 小林 智尚 1, 成栗 達也 1, 追分 康平 1,

石原 龍¹, 綾 洋一郎², 橋口 大樹², 兼松 大二², 寺川 朗², 藤原 裕之¹

Gifu University¹, Panasonic²

^oT. Kobayashi¹, H. Katayama², Y. Kato¹, Y. Nishigaki¹, T. Kobayashi¹, T. Narikuri¹, K. Oiwake¹, R. Ishihara¹, Y. Aya², T. Hashiguchi², D. Kanematsu², A. Terakawa² and H. Fujiwara¹ Email: fujiwara@gifu-u.ac.jp

【はじめに】一般に太陽電池の性能は標準試験条件下(25℃,1 kW/m², AM1.5G)で最適化されるが、 太陽光発電設備を設置する場合には実際の気象条件下での発電量がより重要である。そこで、我々 は屋内で測定された太陽電池セルの特性(J-V, EQE 特性)を用いて、実際の気象条件を考慮した太 陽電池モジュールの発電量予測を行った。特にこのシミュレーションでは、新規構造などを適用 したデバイスの年間発電量を迅速に算出できるメリットがある。本研究では、予測技術の確立を 目的として結晶シリコン太陽電池である PERC およびシリコンへテロ接合(SHJ)太陽電池モジュー ルに対して計算を行った。

【計算方法】図1は本研究で開発した発電量計算のフローチャートを示している。温度による吸収層の E_g 変化を再現するため、モジュール動作温度を推定して誘電関数をシフトさせて EQE 計算を行った。また、入射光の散乱、光閉じ込め効果は我々が開発した角度考慮 DRM(Double Reflection Model)法¹⁾を用いて計算し、EQEの実験値と計算値がよく一致する光学モデルを決定した。測定されたセルの J-V 特性は太陽電池の等価回路の式でフィッティングを行い、ダイオード 因子 n と抵抗成分(R_s , R_{sh})をモデル化した。さらに、測定値から抽出した J_0 についてもパラメータ A, Bを用いて $J_0 = eAexp(B/k_BT)$ でモデル化した。今回は、セル変換効率 20.37%の PERC と 23.27% の SHJ 太陽電池それぞれについて発電量を算出し、比較を行った。

【結果】図2は2018年の気象データにより算出したPERCモジュールの世界発電量予測結果を示している。本研究では、まずNSRDBの気象データ²⁾を用いて南北アメリカの年間発電量を計算し、次に図中のグラフに示すようにKöppen-Geiger気候区分(A~E)³⁾ごとに年間日射量で線形近似し、このモデルと世界日射量データ⁴⁾から世界発電量予測を行った。図より、年間発電量は基本的に年間日射量と高い相関を示すが、線形モデルの傾きは冷帯気候(D)と寒帯気候(E)で大きく、熱帯気候(A)では小さくなった。しかし、気候Dや気候Eは高緯度に位置し日射量が少ないため、発電量は小さい。世界全体で見ると発電量は乾燥して雲ができにくい乾燥気候(B)で多い事が分かる。以上から、太陽電池特性の測定結果から気象条件を考慮したモジュール発電量予測に成功した。また、PERCとSHJモジュール発電量の比較により、気候が年間発電量に影響を与えることが明らかとなった。PERCとSHJの比較についての詳細は当日報告する。

【謝辞】太陽電池特性を測定していただいた産業技術総合研究所の菱川善博氏、吉田正裕氏に深 く感謝します。1) Nishigaki et al., Sol. RRL 4, 1900555 (2020), 2) *NSRDB Data Viewer* (NREL. 2019); https:// maps.nrel.gov/nsrdb-viewer, 3) *Spatial Data Access Tool* (NASA Earth data, 2017); https://webmap.ornl.gov/ogc/ dataset.jsp?ds_id=10012. 4) *ERA Interim* (ECMWF, 2020); https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily.



Figure 1. Flowchart of energy yield prediction method.

Figure 2. Linear model and predicted global energy yield of a PERC module.